COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MARDI 17 AVRIL 1900,

PRÉSIDENCE DE M. MAURICE LÉVY.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

THERMOCHIMIE. — *Sur la chaleur de combustion de quelques liquides très volatils;* par MM. **BERTHELOT** et **DELÉPINE**.

« La combustion des corps combustibles, et spécialement celle des composés organiques, s'effectue avec facilité et précision dans la bombe calorimétrique, au moyen de l'oxygène comprimé à 25 atmosphères. Toutefois la combustion des corps très volatils exige des précautions particulières, si l'on veut en éviter soit la vaporisation partielle dans la bombe, soit l'oxydation commençante, circonstances qui tendent à fausser les mesures calorimétriques.

» Dans le *Traité pratique de Calorimétrie chimique* de l'un de nous, il est décrit (p. 160) un artifice destiné à éviter ces difficultés, et fondé sur l'emploi d'une sorte d'ampoule à parois mixtes, le fond en platine, la

partie supérieure constituée par une pellicule de collodion. Cet artifice n'est pas toujours suffisant, en raison de l'action dissolvante exercée par un certain nombre de vapeurs sur le collodion. De là la nécessité de recourir à d'autres procédés. L'emploi d'une ampoule de verre scellée à la lampe était tout indiqué. Mais la difficulté consiste à rompre cette ampoule au moment même où l'on effectue l'inflammation.

» Dès l'origine, l'un de nous avait eu recours à cet effet à l'incandescence électrique d'un fil métallique entourant l'ampoule. Ce tour de main réussit en effet souvent; mais il comporte de nombreux ratés qui en rendent la mise en œuvre pénible, surtout si l'on veut donner à l'incandescence une durée assez courte pour que la source de chaleur étrangère ainsi introduite dans la bombe produise des effets négligeables.

» Nous avons repris la question dans ces derniers temps sous une autre forme plus pratique et plus exacte, qui consiste à faire éclater l'ampoule par l'application d'une petite quantité de combustible, très exactement pesée et dont la valeur calorimétrique soit exactement connue. A cet effet une ampoule de verre, qui ne doit pas être trop mince, est pesée, puis remplie aussi exactement que possible (sauf sa pointe) avec le liquide volatil; on la scelle à la lampe et l'on détermine le poids du liquide intérieur, dont la quantité sera voisine de 1^{gr} pour la plupart des corps mis en expérience. On met l'ampoule en place dans la bombe et l'on dépose à côté une petite quantité ($0^{gr},03$ à $0^{gr},04$) de camphre, exactement pesée, avec une mèche de coton-poudre ($0^{gr},02$ environ), en contact elle-même avec un fil de platine. On ferme la bombe, on comprime l'oxygène; on place l'appareil dans le calorimètre et l'on étudie la marche du thermomètre. Cela fait on porte le fil de platine à l'incandescence, à l'aide d'un courant électrique. On entend aussitôt l'explosion de l'ampoule et la combustion se produit au même moment, comme à l'ordinaire. Il est bon de s'assurer, par un essai préalable fait à blanc, que l'ampoule scellée ne sera pas écrasée par une pression de 25 atmosphères.

» Ce procédé peut être appliqué pour les liquides les plus volatils, ainsi que pour les gaz liquéfiés, qu'il est facile d'enfermer dans des ampoules convenablement refroidies. Nous allons donner quelques chiffres obtenus par cette voie, avec des corps que diverses observations nous avaient engagés à soumettre à un nouvel examen.

I. Aldéhyde éthylique : $C^2H^4O = 44$, liquide. — Très pur.

» Trois déterminations, soit pour 1^{gr} : 6340^{cal}, 3 ; 6327^{cal}, 1 ; 6346^{cal}, 0.

		Cal
Chaleur de combustion moléculaire à volume constant.....		278,86
» à pression constante...		279,16
Formation par les éléments (1)	+ 47^{Cal}, 45 liquide	+ 41,45 gaz.
»	+ 51^{Cal}, 0 dissous	

» Ces chiffres s'écartent notablement des valeurs + 57^{Cal}, 1 et + 51^{Cal}, 1 précédemment données, d'après des expériences exécutées sur la détonation d'un mélange d'oxygène et d'aldéhyde gazeux.

» L'écart est attribuable à une cause d'erreur inaperçue, l'oxydation lente que ce dernier mélange éprouve, pendant l'intervalle qui sépare le remplissage de la bombe de la combustion. Cette dernière change tout en acide carbonique et en eau; mais la portion d'aldéhyde partiellement oxydée au préalable a dégagé une quantité de chaleur notable et qui a été perdue pour les mesures.

» On tire de là :

1° C^2H^4 gaz + O gaz = C^2H^4O gaz ..... + 56^{Cal}
C^2H^4O gaz + O gaz = $C^2H^4O^2$ gaz (condensation normale)..... + 65^{Cal}, 8

Valeurs croissantes avec le caractère acide.

2° C^2H^4O diss. + O gaz = $C^2H^4O^2$ dissous ..... + 66^{Cal}, 5

Valeur voisine de la précédente pour des états correspondants.

3° C^2H^4O liq. + O gaz = $C^2H^4O^2$ liquide ..... + 69^{Cal}, 8
Valeur comparable à
$C^5H^{10}O$ liq. + O gaz = $C^5H^{10}O^2$ liquide ..... + 68^{Cal}, 2

Valeurs voisines pour les homologues sous le même état physique.

» De même :

C^7H^6O liq. + O gaz = $C^7H^6O^2$ liquide ..... + 65^{Cal}, 5
4° C^2H^4O liq. + O gaz = $C^2H^4O^2$ cristallisé ..... + 72^{Cal}, 25
Valeur comparable à
C^7H^6O liq. + O gaz = $C^7H^6O^2$ cristallisé ..... + 68^{Cal}, 8

(1) C, diamant ; H, gaz ; O, gaz.

II. Méthylal : $CH^2\begin{cases}OCH^3\\OCH^3\end{cases} = 76$.

» Purifié avec soin et exempt d'éther méthylformique, corps qu'il est sujet à renfermer.

» 3 déterminations.

Chaleur de combustion moléculaire à volume constant..... $461^{Cal},9$
» à pression constante..... $462^{Cal},5$
Formation par les éléments, +96,4 liq.

III. Formiate de méthyle : $CHO^2.CH^3 = 60$ liq.

» 3 combustions.

Chaleur de combustion à volume constant et à pression constante.. $+233^{Cal},2$
Formation par les éléments, +93,4 liq.; +86,5 gaz.
» +94,5 dissous.

IV. Formiate d'éthyle : $C^2H^3O^2.CH^3 = 74$ liq.

» 2 combustions.

Chaleur de combustion à volume constant..... $391^{Cal},4$
» à pression constante..... $391^{Cal},7$
Chaleur de formation par les éléments, + 98,2 liquide; +90,8 gaz.
» +100,3 dissous.

V. Aldéhyde propylique : $C^3H^6O = 58$; liquide.

» Ce corps est difficile à purifier complètement.

» Un produit aussi pur que possible a fourni :

Chaleur de combustion moléculaire à volume constant... $433^{Cal},8$
» à pression constante.. 434,35
Chaleur de formation..... $+55^{Cal},55$

» Ce chiffre surpasse de $8^{Cal},1$ la chaleur de formation de son homologue inférieur, l'aldéhyde éthylique.

» On a encore

C^3H^6O liq. + O = $C^3H^6O^2$ liq. dégage + 66,9

VI. Aldéhyde isopropylique (Acétone) : $C^3H^6O = 58$; liquide.

» 3 combustions :

Chaleur de combustion à volume constant	426,3
» à pression constante	426,9
Chaleur de formation	$+63^{Cal}$ liquide; $+55,5$ gaz
»	$+65,5$ dissous.

» Ce chiffre surpasse de $7^{Cal},5$ celui de l'aldéhyde propylique normal, corps isomérique.

» Le troisième isomère, l'alcool allylique, répond, d'après M. Louguinine, à $+47^{Cal},2$ liquide. La chaleur de formation va croissant de l'alcool à l'aldéhyde isomère.

» Cette relation est d'ailleurs inverse de celle des points d'ébullition : alcool allylique, 95°,6; acétone, 56°; aldéhyde propylique, 49°. On voit qu'on ne saurait conclure en général des points d'ébullition aux chaleurs de formation.

» Si l'on compare la formation des alcools par les aldéhydes correspondants, on a des nombres voisins :

		Cal
Alcool éthylique...	C^2H^4O liq. $+ H^2 = C^2H^6O$ liq.	$+22,4$
Alcool propylique...	C^3H^6O liq. $+ H^2 = C^3H^8O$ liq. (normal)...	$+23,0$
Alcool isopropylique.	C^3H^6O liq. $+ H^2 = C^3H^8O$ liq. (iso).....	$+17,6$
Alcool benzylique...	C^7H^6O liq. $+ H^2 = C^7H^8O$ liq.	$+15,4$
Alcool campholique..	$C^{10}H^{16}O$ solide $+ H^2 = C^{10}H^{18}O$ sol.	$+16,7$

PHYSIQUE. — *Exploseur rotatif et dispositifs divers pour la production de puissants courants à haute fréquence.* Note de M. d'Arsonval.

« La production d'effets électriques puissants pour la décoration de la façade du Palais de l'Électricité à l'Exposition de 1900 m'a amené à réaliser les différents dispositifs que je vais décrire brièvement à l'Académie.

» Il s'agissait d'avoir des étincelles très lumineuses, très bruyantes, mais courtes d'une part, et, d'autre part, des étincelles remplissant les mêmes conditions que ci-dessus, mais beaucoup plus longues.

» J'ai utilisé pour atteindre le résultat la décharge de puissants condensateurs chargés par des transformateurs à haut potentiel animés par des

alternateurs, comme je l'avais fait antérieurement pour d'autres recherches (1).

» Je décrirai successivement les diverses parties de l'appareil : transformateur, condensateur, exploseur, bobine de transformation.

» I. *Transformateur.* — Il est du type Labour à circuit magnétique fermé. Il peut absorber jusqu'à 30 kilowatts, actionné par un courant alternatif à 42 périodes et à 110 ou à 55 volts à volonté, suivant le couplage des circuits à gros fil. Les circuits à haut potentiel peuvent être couplés de façon à aller industriellement jusqu'à 90000 volts et au delà pour des expériences de courte durée.

» Pour avoir un bon isolement des circuits, j'avais demandé au constructeur de plonger le transformateur dans une caisse en fonte munie d'un couvercle hermétique, de façon à pouvoir faire le vide dans l'appareil. Cela fait, et l'air ainsi que l'humidité ayant été expulsés, je comptais noyer l'appareil dans l'huile épaisse de vaseline pour avoir un isolement parfait. L'expérience a prouvé que cette précaution était inutile et que la paraffine solide suffisait.

» II. *Condensateur.* — Le condensateur a été plus difficile à réaliser. Le verre, même sous une épaisseur de 5^{mm}, était rapidement percé et parfois pulvérisé au moment de la production des courants à haute fréquence.

» L'ébonite, le celluloïd, le papier du Japon paraffiné ou arcansoné, n'ont pas mieux résisté. J'ai obtenu toute satisfaction, au contraire, avec des plaques de micanite que m'a obligeamment préparées M. Avtsine.

» Le condensateur se compose donc actuellement de plaques de micanite ayant 2^{mm} d'épaisseur, 365^{mm} de longueur et 285^{mm} de largeur.

» Ces plaques sont obtenues en collant à chaud, avec de la gomme laque et sous une forte pression, des lames très minces de mica. On obtient de la sorte un diélectrique extrêmement solide qui sonne comme une plaque de métal, ainsi que vous pouvez l'entendre.

» Les armatures sont constituées par des plaques rectangulaires de fer-blanc très mince, découpées de façon à laisser déborder d'environ 5^{cm} de chaque côté la plaque de mica; elles présentent de plus, d'un seul côté, un prolongement qui leur permet de déborder la plaque de mica de 7^{cm} à 8^{cm}.

---

(1) Voir d'Arsonval, *Société internationale des Électriciens*, séance du 7 avril 1897.

» J'ai dû renoncer à l'étain et à toute feuille collée par un moyen quelconque sur le mica.

» Pour former un condensateur on superpose alternativement une plaque de mica et une feuille de fer-blanc dont on tourne la queue tantôt à droite tantôt à gauche de la plaque isolante.

» Je monte habituellement ensemble vingt plaques de mica. La surface des armatures est ainsi d'environ 1^{mq} et la capacité du système sensiblement de un centième de microfarad.

» Les armatures de gauche sont réunies par une simple presse à pile, on fait de même pour celles de droite, puis on serre fortement le tout avec des sangles en toile à boucles.

» Je plonge alors verticalement l'ensemble dans une cuve carrée en verre de dimensions appropriées (le n° 7 de Saint-Gobain) que je remplis de pétrole lampant ordinaire. La cuve en verre n° 7 reçoit deux condensateurs semblables qui pourront à volonté être reliés en cascade ou en surface suivant les circonstances. Le pétrole lampant constitue un excellent isolant qui est assez fluide pour permettre à l'air interposé entre les feuilles de se dégager facilement.

» Le condensateur ainsi constitué se comporte admirablement; il n'y a pas d'échauffement parce qu'il n'y a aucune substance électrolysable, et la gomme laque est tout à fait insoluble dans le pétrole. Les pertes sont nulles par décharges ou effluves latérales qui ne peuvent se produire dans le pétrole qui recouvre complètement le condensateur.

» III. *Exploseur.* — On fait éclater l'étincelle de décharge du condensateur entre deux boules.

» En général, il se forme un arc continu que l'on souffle soit par un champ magnétique, soit par un jet d'air. Un troisième moyen d'empêcher l'arc consiste soit à couper le circuit à fil fin par un deuxième condensateur de capacité plus grande, soit à intercaler une forte bobine de self sur le circuit à basse tension du transformateur ainsi que je l'ai signalé antérieurement (1).

» Le soufflage par l'air est, pour les courants puissants, le plus avantageux parce qu'il refroidit en même temps les boules de l'exploseur et empêche leur détérioration rapide par l'étincelle. Il a l'inconvénient de nécessiter des appareils spéciaux et une assez grande dépense d'énergie. C'est pour parer à cette difficulté que j'ai imaginé l'exploseur rotatif.

---

(1) Voir d'Arsonval, *loco citato* et *Comptes rendus,* 6 juillet 1896.

» Cet appareil se compose de deux tiges métalliques terminées par des sphères, mobiles dans des bagues, à la façon d'une rotule, de manière à pouvoir utiliser tour à tour tous les points de la sphère pour faire jaillir l'étincelle.

» Ces tiges sont fixées chacune sur un palier métallique qui leur est perpendiculaire. Elles sont en regard de façon que les deux paliers se trouvent dans le prolongement l'un de l'autre. Les deux axes sont rendus solidaires par une traverse en ébonite. Un des paliers est relié à l'axe d'une petite dynamo par un manchon d'ébonite.

» En faisant tourner la dynamo l'ensemble des deux boules peut donc prendre un mouvement de rotation rapide. Les deux boules de l'exploseur décrivent ainsi dans l'air une circonférence dont le diamètre varie d'un appareil à l'autre de 30^{cm} à 2^{m} et plus.

» Ce dispositif produit un soufflage énergique entre les deux boules par leur simple déplacement dans l'air et avec une dépense insignifiante d'énergie (2 ou 3 kilogrammètres).

» Lorsque l'exploseur est en mouvement et qu'on fait jaillir l'étincelle, on assiste à un phénomène lumineux très intéressant.

» Comme la décharge est intermittente et qu'elle se produit entre deux sphères qui se déplacent rapidement, on sépare les décharges qui apparaissent sous forme d'un chapelet circulaire extrêmement lumineux et bruyant.

» On a les effets obtenus avec un miroir tournant, mais infiniment plus lumineux. Le bruit devient assourdissant et comparable à de violentes décharges de mousqueterie. On peut compter facilement le nombre des décharges principales et voir ainsi que le nombre des décharges données par le condensateur, durant une période, est proportionnel à l'intensité du courant qui traverse le transformateur, ainsi que je l'avais signalé antérieurement dans ma Communication du 7 avril 1897, à la Société des Électriciens, en employant le miroir tournant, mû par un moteur synchrone, pour analyser l'étincelle de décharge.

» Cette espèce de roue lumineuse paraît fixe dans l'espace ou se mouvoir tantôt à gauche, tantôt à droite, avec une vitesse qui dépend de la vitesse angulaire qu'on donne au système. On obtient de la sorte de très jolis effets qui réalisent les conditions voulues, car ils sont à la fois très lumineux et très bruyants.

» J'ai montré cet exploseur rotatif dans les conférences que j'ai faites sur les courants de haute fréquence : en février, à la Sorbonne, et en mars à la Société industrielle de Mulhouse.

» Cette étincelle peut atteindre 18^{cm} à 20^{cm} de longueur, en chargeant le condensateur à 50 000 volts environ.

» On peut lui donner une longueur *apparente* beaucoup plus grande par la rotation, en disposant l'étincelle dans le plan du cercle décrit par l'exploseur. En réglant la vitessse de façon que les boules se déplacent entre deux décharges, juste de la longueur qui les sépare, on a un trait de feu continu. Comme on peut obtenir facilement 600 décharges par seconde, il est facile de comprendre qu'on peut voir, pendant $\frac{1}{10}$ de seconde, 60 étincelles juxtaposées qui donneront l'impression d'une étincelle unique de 12^{m} de longueur.

» IV. *Bobine de transformation.* — Pour obtenir ces longues étincelles, j'ai préféré ne pas avoir recours à cet artifice, et les obtenir réellement par un moyen plus honnête.

» J'ai utilisé pour cela un dispositif tout à fait analogue à celui décrit par Elihu Thomson.

» La bobine de transformation se compose de deux circuits concentriques noyés dans une cuve à huile. Le circuit inducteur, traversé par la décharge du condensateur soufflée au moyen de l'exploseur rotatif, se compose d'un tube de cuivre de 13^{mm} de diamètre extérieur et de 1^{mm} d'épaisseur. Il est roulé en serpentin présentant 12 spires. Il a 80^{cm} de longueur sur 50^{cm} de diamètre intérieur.

» Le circuit induit, concentrique et intérieur au circuit inducteur, se compose d'un cylindre d'ébonite de 0^{m},80 de longueur sur 0^{m},38 de diamètre. A sa surface extérieure, on a creusé au moyen du tour une hélice dont le pas a 2^{mm}. Dans cette rainure, on a enroulé un fil de cuivre nu de $\frac{5}{10}$ de millimètre faisant 400 tours.

» Le tout est plongé dans une grande cuve horizontale en madriers de sapin remplie d'huile de vaseline.

» Les extrémités du fil fin sortent à chaque extrémité de la cuve, à 1^{m} de distance l'un de l'autre à travers et au centre de deux gros tubes de verre verticaux de 1^{m} de longueur et de 0^{m},06 de diamètre qui sont également remplis d'huile.

» Une bobine analogue, mais n'ayant que 0^{m},20 de diamètre sur 0^{m},40 de longueur, donne des étincelles qui atteignent 0^{m},85 de longueur qui sont extrêmement brillantes et bruyantes avec l'aspect spécial à l'étincelle de haute fréquence : un volumineux faisceau de traits de feu très fins.

» On peut donner à cette étincelle une longueur cinq ou six fois plus grande en la faisant éclater sur des plaques de marbre recouvertes de

limailles métalliques (zinc de préférence). On a alors l'illusion de nombreux traits de foudre, très brillants, qui se ramifient dans tous les sens à la surface de la plaque.

» Je reviendrai ultérieurement sur les divers effets que l'on peut obtenir avec des décharges disruptives de cette puissance. »

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les* Stigmaria. Note de M. **Grand'Eury**.

« Les plantes fossiles les plus caractéristiques du terrain houiller, et en même temps les plus répandues, sont sans contredit les *Stigmaria*, Br. Il y en a partout, dans toutes les roches : grès, schiste et houille même, du moins dans le terrain houiller productif, car dans les étages schisteux stériles de formation en eaux profondes du Gard, de Langeac, etc., leur absence est complète.

» On sait que, dans le terrain houiller moyen, ces tiges traçantes abondent au mur de toutes les couches de houille. A Waldenburg, au dire de Göppert, le charbon en renferme tellement que cet auteur lui a donné le nom de *Stigmarienkohle*. A Sarrebruck, d'après Goldenberg, les *Stigmaria* sont fréquents dans la houille. J'en ai vu en plus ou moins grand nombre dans les charbons de Kizell (Oural central), d'Oberhausen (Westphalie), de Rive-de-Gier, dans l'anthracite de La Mure, etc.

» Cependant de ce fossile, on connaît peu le mode de végétation, on ignore la station réelle, on discute l'attribution. MM. Dawson, Potonié, admettant que les *Stigmaria* sont les racines des *Sigillaria*, tirent de l'abondance des premiers au mur des couches et de la présence des Lépidophytes dans la houille, la conclusion que celle-ci s'est formée sur place par voie de tourbage. Lindley, Goldenberg ont soutenu que les *Stigmaria* sont des plantes indépendantes des *Sigillaria*, autrement dit autonomes. Je me rallie à cette dernière manière de voir, parce que, jusqu'à preuve du contraire, il m'est impossible de croire que ces plantes fossiles aient pu, suivant les cas, se développer, tantôt pour ainsi dire tout en rhizomes, tantôt presque tout en tiges.

» Ayant eu l'occasion d'observer les *Stigmaria* à une multitude d'endroits, et, comparativement, les racines (*Stigmariopsis*, Gr.) de plus de cent troncs debout de Sigillaires, j'ai constamment reconnu entre ces deux sortes de racines les caractères opposés suivants : les *Stigmaria* sont des rhizomes horizontaux cylindriques très longs, ramifiés par dichotomie dans

un même plan, aplatis, à cicatrices équidistantes sur une surface unie, tandis que les *Stigmariopsis* sont plongeants, courts tronconiques, ramifiés irrégulièrement dans plusieurs plans, remplis de limon, à cicatrices très inégalement espacées sur une surface ridée. Je n'ai pas encore vu de *Stigmariopsis* revêtir, en s'allongeant plus que de coutume, la forme normale des *Stigmaria*. Ceux-ci, d'un autre côté, lorsqu'on les peut suivre sur une assez grande longueur, n'aboutissent pas, en remontant vers leur point de départ, à des tiges de Sigillaires, mais à des espèces de disques mal conservés. A Matallana près de Léon, je les ai vus, sur de grands espaces, rayonner au nombre de trois à cinq de plusieurs bulbes aplatis, fermés de toute part, assez différents des dômes de Lindley, dômes qui, lorsque les racines sont décroissantes et peu étendues tout autour, pourraient bien n'être que des bases de tiges en voie d'accroissement. Quoi qu'il en soit, à Dombrowa (Pologne), à Teberga (Asturies), notamment, il y a énormément de *Stigmaria* sans tiges debout, et, inversement, à Saint-Étienne on trouve des argiles schisteuses remplies de *Stigmariopsis* ou racines de Sigillaires sans *Stigmaria*. Il n'y a d'ailleurs que des *Stigmaria* dans l'intérieur de la houille. sans *Stigmariopsis*.

» En raison de toutes ces différences, je puis envisager à part, dans la présente Note, les véritables *Stigmaria* qui, bien que cohabitant quelquefois avec les racines de Sigillaires, paraissent cependant bien avoir vécu généralement dans des eaux plus profondes, ou dont la profondeur n'était pas en tout cas limitée à la hauteur à laquelle les tiges fossiles enracinées pouvaient s'élever dans les eaux des marais houillers pour atteindre l'atmosphère.

» Or, d'après les recherches anatomiques de M. Renault, les *Stigmaria* sont des plantes aquatiques. C'était, je pense, des coureurs de marais ou de lacs marécageux, rampant au fond des eaux, et pénétrant par leurs extrémités dans le sous-sol que ces rhizomes ont tracé dans tous les sens. Du moment que les *Stigmaria* ne sont pas en rapport avec des tiges, ils n'ont pu physiologiquement végéter tout entier plongés dans la vase. Et de fait, lorsque ces tiges s'étendent couchées sur un ancien sol de végétation, fixées au-dessous, à ce sol, par des racines, elles portent au-dessus des appendices foliaires flexueux étalés latéralement, qui ont visiblement flotté dans l'eau. Si ceux-ci sont restés inconnus jusqu'à présent, c'est parce que, des *Stigmaria* rampants, il ne nous est parvenu le plus souvent que les racines implantées dans le sol. J'ai en même temps vérifié que, vers leur extrémité libre, ces rhizomes s'enfoncent peu à peu dans la roche qui nous les a alors préservés de la destruction.

» Toujours est-il que, sur toute leur longueur, les *Stigmaria* sont attachés au sol par des racines. Ce n'étaient donc pas des plantes nageantes ou flottantes, comme je l'ai cru autrefois, et comme le soutient M. O. Küntz. Sur leur cours rectiligne, ils n'offrent pas, en effet, les sinuosités, déformations et replis dont ils seraient inévitablement affectés quelque part s'ils étaient tombés au fond de l'eau, indépendamment que leurs racines, si elles ne s'étaient pas détachées, seraient emmêlées. On ne trouve, au reste, pour ainsi dire jamais de fragments de *Stigmaria* isolés parmi les tiges et les feuilles entraînées et déposées par les eaux dans les schistes, et cela ne se comprend que de rhizomes contenus dans le limon ou cramponnés à sa surface par des racines.

» Comme organes traçants et souterrains, les *Stigmaria* sont effectivement en possession de tous leurs appendices régulièrement disposés, quoique fort longs ($0^m,50$ à 2^m), peu consistants et comme articulés. Ces appendices ont pour caractère propre et distinctif d'être ramifiés par dichotomie comme les racines de Sélaginées. Ce mode de division, figuré pour la première fois par Artis en 1828, et que Goldenberg, le croyant destiné à la reproduction, a tenu pour rare, est, au contraire, très fréquent et répété. Dans les roches fines, j'ai vu les racines de *Stigmaria* se bifurquer, sous un angle variable de 50° à 150°, plusieurs fois de suite, jusqu'à ce que les branches, diminuant chaque fois d'épaisseur, ne soient plus perceptibles à l'œil nu. Par suite de cette division réitérée dans des plans différents, ces organes passant les uns entre les autres, forment un plexus inextricable de racines et de radicelles entrelacées, mettant hors de contestation la croissance sur place des *Stigmaria,* ce dont les naturalistes n'ont d'ailleurs jamais douté; mais on ne saurait trop le démontrer par de nouvelles considérations.

» Or, dans les roches homogènes, les racines, sous l'action du géotropisme, se sont souvent beaucoup plus allongées au-dessous que par côté et surtout qu'au-dessus des rhizomes. Cependant, dans certains schistes de La Mure, les racines latérales sont au contraire les plus longues, les racines supérieures et inférieures se sont recourbées pour prendre la direction des lames du schiste; mais cela est dû à ce que cette roche a opposé à la pénétration des racines plus de résistance dans le sens transversal que dans le sens longitudinal, et, dans les deux cas, l'inégalité de longueur des appendices des *Stigmaria* est une nouvelle preuve qu'ils ont poussé sur place.

» Dans la houille stratifiée de Rive-de-Gier, les *Stigmaria* se présentent à

peu près comme dans les schistes de La Mure, avec leurs racines ramenées par côté dans le plan des rhizomes; ceux-ci rampent aussi sur les nerfs plus ou moins charbonneux qu'ils encombrent de leurs racines; on en trouve pourvus de toutes leurs racines dans les veines de charbon terne, et, dans les trois positions, les *Stigmaria* en place ont manifestement contribué, quoique dans une très faible mesure, à la formation des couches de houille. »

CORRESPONDANCE.

La **Société physico-chimique russe** adresse, de Saint-Pétersbourg, l'expression de ses sentiments de profonde condoléance à l'occasion de la mort de M. *Joseph Bertrand,* Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.

ASTRONOMIE. — *Influence des perturbations périodiques du demi-grand axe sur la valeur du moyen mouvement déduite des observations d'une planète. Correction correspondante de la valeur primitivement adoptée du demi-grand axe.* Note de M. **A. Gaillot**, présentée par M. Lœwy.

« Pour toute planète, supposée soumise à la seule action du Soleil, le demi-grand axe a est lié au moyen mouvement n et à la masse m par la relation

$$a^3 n^2 = f(1+m).$$

» Cette relation subsiste encore dans le cas du mouvement troublé, et si l'on désigne par δa et δn l'ensemble des perturbations de a et de n, dues à l'action d'une planète m', on a de même

$$(a+\delta a)^3 (n+\delta n)^2 = f(1+m) = a^3 n^2.$$

» On en conclut

$$n+\delta n = a^{\frac{3}{2}} n (a+\delta a)^{-\frac{3}{2}} = n\left(1+\frac{\delta a}{a}\right)^{-\frac{3}{2}}.$$

» Développant $\left(1+\frac{\delta a}{a}\right)^{-\frac{3}{2}}$ et simplifiant, on déduit de l'équation précédente

$$\delta n = -\frac{3}{2} n \frac{\delta a}{a} + \frac{15}{8} n \left(\frac{\delta a}{a}\right)^2 - \ldots.$$

» Lorsqu'on considère seulement les perturbations qui sont du premier ou du second ordre par rapport aux masses, δa ne comprend comme on le sait que des termes périodiques; il en est donc de même pour la première partie de δn.

» Examinons ce que donne la deuxième :

» Représentons par l et l' les longitudes moyennes des planètes m et m', par α la partie séculaire des arguments des perturbations. Posons

$$\mathfrak{A} = i'l' + il, \qquad S = -A\sin\alpha, \qquad C = +A\cos\alpha,$$

et désignons par S′ et C′ les sommes de tous les coefficients S et C correspondant à une même valeur de l'argument $\mathfrak{A}$.

» Nous aurons successivement pour l'expression de δa

$$\delta a = \Sigma A\cos(\mathfrak{A}+\alpha) = \Sigma(S\sin\mathfrak{A} + C\cos\mathfrak{A}) = \Sigma(S'\sin\mathfrak{A} + C'\cos\mathfrak{A}),$$

d'où nous déduirons

$$\begin{aligned}(\delta a)^2 = {} & +\tfrac{1}{2}\Sigma(S'^2+C'^2) + \tfrac{1}{2}\Sigma(C'^2 - S'^2)\cos 2\mathfrak{A} \\ & + \Sigma(S'_pC'_q + S'_qC'_p)\sin(\mathfrak{A}_p+\mathfrak{A}_q) + \Sigma(S'_pC'_q - S'_qC'_p)\sin(\mathfrak{A}_p-\mathfrak{A}_q) \\ & + \Sigma(C'_pC'_q + S'_pS'_q)\cos(\mathfrak{A}_p+\mathfrak{A}_q) + \Sigma(C'_pC'_q + S'_pS'_q)\cos(\mathfrak{A}_p-\mathfrak{A}_q),\end{aligned}$$

les indices p et q se rapportant à deux termes quelconques du développement de δa.

» Dans l'équation précédente, la première partie du second membre, $\frac{1}{2}\Sigma(S'^2+C'^2)$, représente une constante, tandis que les autres se composent exclusivement de termes périodiques, puisque, d'après ce qui précède, $\mathfrak{A}_p$ est toujours différent de $\mathfrak{A}_q$. Il résulte de là qu'à l'ensemble des perturbations du grand axe, correspond un accroissement du moyen mouvement ayant pour expression

$$\Delta n = \frac{15}{16} n \sum\left(\frac{S'^2+C'^2}{a^2}\right).$$

» La valeur du moyen mouvement obtenue par la discussion des observations étant représentée par n, et celle qui correspondrait au mouvement elliptique non troublé par n_0, on a

$$n = n_0 + \Delta n \qquad \text{et} \qquad n_0 = n - \frac{15}{16} n \sum\left(\frac{S'^2+C'^2}{a^2}\right).$$

» En outre, le demi-grand axe a, qu'on avait primitivement conclu de n, doit, pour être ramené à sa véritable valeur, celle qui correspond à n_0,

recevoir une correction Δa déduite de la valeur précédente de Δn, et qui aura pour expression

$$\Delta a = -\frac{2}{3}\frac{a}{n}(-\Delta n) + = \frac{5}{8}a\sum\left(\frac{S'^2+C'^2}{a^2}\right).$$

» Les corrections Δn et Δa sont insensibles pour Mercure, Vénus, la Terre, Mars et Jupiter. Pour les autres planètes on a

Saturne.....	$\Delta n = +0,528$	$\Delta a = +15'',7 = +0,000076$	
Uranus.....	$+0,269$	$+45,9$	$+0,00022$
Neptune.....	$+0,188$	$+98,9$	$+0,00048$

» Dans le calcul des positions théoriques des planètes, il n'y a pas à tenir compe de Δn, puisque cette correction est comprise implicitement dans la valeur totale n du moyen mouvement qu'on a déduite de l'observation. Mais la correction Δa affecte non seulement les valeurs calculées du rayon vecteur de la planète et de sa distance à la Terre, mais encore celle de sa longitude géocentrique. La correction relative à cette dernière coordonnée est toujours très faible, atteignant au maximum $\pm 0'',17$ pour Saturne, $\pm 0'',12$ pour Uranus, $\pm 0'',11$ pour Neptune.

» Nous avons dit que la valeur de $\frac{1}{2}\Sigma(S'^2+C'^2)$ était une constante. Au point de vue de la théorie pure, cela ne serait pas rigoureusement exact. En effet, la plupart des coefficients S' et C' sont des fonctions des excentricités et des longitudes des périhélies, ou des inclinaisons et des longitudes des nœuds, et éprouvent, par conséquent, des variations correspondant à celles de ces éléments. Mais ces coefficients variables, quelque nombreux qu'ils soient, ne fournissent qu'une partie relativement très faible de la somme des carrés. La partie principale et absolument prépondérante provient, dans tous les cas, d'un terme considérable, $A\cos(l'-l)$, dont le coefficient, indépendant des excentricités et des inclinaisons, est rigoureusement constant. Ce terme résulte de deux autres de même forme et de signes contraires : le premier et le plus faible correspondant à l'action directe de m' sur m, le deuxième et de beaucoup le plus considérable ayant pour origine l'attraction exercée par m' sur le Soleil.

» En fait les variations de $\Sigma(S'^2+C'^2)$ et, par suite, celles de Δn sont extrêmement faibles, et peuvent être considérées comme nulles. Ce sont d'ailleurs de simples oscillations dont la durée individuelle est variable, mais comprend toujours plusieurs centaines de siècles, et dont l'amplitude

est tellement minime que leur influence totale sur la valeur de Δn peut à peine atteindre un millième de seconde.

» Il peut être utile de faire remarquer que Δa ne représente pas une perturbation du demi-grand axe, mais simplement une correction à apporter au résultat d'une première détermination de sa valeur a, détermination qui n'avait pu être rigoureusement faite de prime abord, parce que la valeur exacte de n_0 n'était pas connue, ou plutôt parce qu'on n'avait pas cru utile de la calculer avec toute la précision réellement nécessaire. »

ASTRONOMIE. — *Sur une formule simplifiée pour le calcul des réfractions astronomiques.* Note de M. **L. Cruls**, présentée par M. Lœwy.

« Il peut être utile de disposer d'une formule donnant directement la valeur de la réfraction en fonction de la distance zénithale z, de la pression barométrique B et de la température centigrade t.

» La formule

$$(1) \qquad R = (60'' \tang z - 1'' \tang^2 z)\left(0{,}001\,38\,B - 0{,}000\,01\,\frac{Bt}{2}\right),$$

dont le premier terme entre parenthèses représente la réfraction moyenne, et le deuxième tient compte des éléments météorologiques, fournit des réfractions suffisamment concordantes avec celles obtenues par la formule de Laplace, jusqu'aux environs de 70° de distance zénithale, outre que, sous sa forme simplifiée, il est assez aisé de la garder de mémoire.

» Nous donnons ci-dessous, pour des distances zénithales de 10° en 10°, les valeurs de la réfraction moyenne, calculées par la formule de Laplace, ainsi que celles que représente le premier terme de la formule (1) :

Distance zénithale z.	Réfraction par la formule de Laplace.	Réfraction par la formule simplifiée.	Différence.
10°	10″,3	10″,5	−0″,2
20	21,2	21,7	−0,5
30	33,7	34,3	−0,6
40	48,9	49,6	−0,7
50	69,4	70,1	−0,7
60	1′40″,7	1′40″,9	−0″,2
70	2′38″,9	2′37″,3	+1″,6

» Voici deux exemples complets, pour lesquels nous avons choisi des valeurs extrêmes pour B et t :

Distance zénithale. z.	Pression barométrique. B.	Température centigrade. t.	Valeurs de la réfraction tabulaire (*Conn. des Temps*).	Valeurs de la réfraction par la formule simplifiée.	Différence.
65°....	630^{mm}	+40°	92″,7	92″,1	+0″,6
68°....	700^{mm}	−20°	148″,6	147″,5	+1″,1

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les séries de fractions rationnelles.* Note de M. **Émile Borel**, présentée par M. Picard.

« On sait que les séries de fractions rationnelles sont aptes à représenter, dans tout son domaine d'existence, une fonction analytique uniforme pourvue de singularités absolument quelconques. Leur importance dans la théorie générale des fonctions paraît, de ce fait, devoir être considérable; mais elle est singulièrement diminuée par la proposition suivante, due, sous sa forme la plus générale, à M. Painlevé : *Étant donné un nombre quelconque de domaines, sans partie commune, dans chacun desquels est définie une fonction analytique uniforme, on peut former une série de fractions rationnelles représentant chaque fonction dans le domaine correspondant.* D'ailleurs, bien entendu, le domaine naturel d'existence de chaque fonction peut s'étendre au delà du domaine dans lequel elle est représentée par la série formée ; mais il n'y a plus aucun rapport entre la fonction et la série.

» L'une des conséquences de la proposition précédente, c'est que, si l'on convient d'appeler *pôles* d'une série de fractions rationnelles les pôles des divers termes de la série, il n'y a aucune relation *nécessaire* entre *les pôles de la série* et *les points singuliers de la fonction* qu'elle représente. Ce mode de représentation des fonctions apparaît donc comme très défectueux, précisément à cause de sa trop grande généralité.

» Dans le cas où l'ensemble des points singuliers est dénombrable, M. Mittag-Leffler a montré que l'on peut trouver une série dans laquelle ces singularités sont mises en évidence; ce mode de représentation, dans lequel il ne subsiste que très peu d'arbitraire lorsque la fonction est donnée, est évidemment très propre à mettre en évidence ses propriétés essentielles.

» Lorsque l'ensemble S des points singuliers de la fonction n'est pas

dénombrable, on ne peut évidemment songer à mettre en évidence *tous* ces points dans une série; mais on peut se demander si, parmi les ensembles dénombrables E tels que, E′ désignant l'ensemble dérivé de E, E + E′ coïncide avec S, il n'en est pas un qui se distingue des autres par des propriétés spéciales et qui constitue l'ensemble des *vrais* points singuliers de la fonction. Qu'il en soit ainsi dans certains cas, c'est ce qui résulte des recherches que j'ai entreprises, depuis plusieurs années déjà, sur certaines séries de fractions rationnelles, et dont j'ai exposé les principaux résultats dans ma Thèse et dans mes Leçons sur la théorie des fonctions. Je voudrais indiquer ici quelques résultats nouveaux que j'ai obtenus dans le même ordre d'idées et qui me paraissent, indépendamment de leur intérêt théorique, être susceptibles d'assez nombreuses applications.

» Considérons d'abord une série de fractions rationnelles simples :

$$(1) \qquad f(z) = \sum \frac{A_n}{z - a_n},$$

et supposons que la série

$$(2) \qquad \Sigma |\sqrt{A_n}$$

soit convergente; nous ne faisons *aucune autre hypothèse;* la distribution des pôles a_n peut être *absolument quelconque.*

» Désignons par a un point *quelconque* du plan et par A un nombre ainsi défini; si a coïncide avec l'un des pôles a_n, on prendra $A = A_n$; si a ne coïncide avec aucun de ces pôles, on prendra $A = 0$. Nous dirons que A est le *résidu* de $f(z)$ pour $z = a$. Cette dénomination peut être justifiée par l'étude de l'intégrale de $f(z)$ le long de certains contours, comme je l'ai montré dans les travaux cités il y a un instant; mais voici une proposition nouvelle.

» Soit C un chemin quelconque aboutissant au point a et sur lequel la série $f(z)$ est convergente, sauf peut-être pour $z = a$; *si le produit* $(z - a)f(z)$ *tend vers une limite lorsque* z *tend vers* a, *cette limite est égale à* A. De plus, *il existe effectivement des chemins* C *tels que le produit* $(z - a)f(z)$ *ait pour limite* A *lorsque* z *tend vers* a *en suivant ces chemins.*

» Les chemins C dont on vient de parler peuvent être obtenus d'une infinité de manières. Par exemple, s'étant donné à l'avance deux axes ox, oy, on peut prendre pour C une ligne polygonale dont les côtés sont alternativement parallèles à ces deux axes; ces côtés sont généralement en nombre infini, bien que la longueur de C soit finie.

» Il n'est pas inutile de faire observer que la série $f(z) - \frac{A}{z-a}$ peut être divergente pour $z = a$.

» Considérons maintenant une série de fractions rationnelles

$$f(z) = \sum \frac{P_n(z)}{R_n(z)}; \tag{3}$$

soit m_n le degré de $R_n(z)$; les zéros de $R_n(z)$, distincts ou non, sont dits les *pôles* de $f(z)$; nous supposerons que chaque pôle figure seulement dans un *nombre limité* de termes (ce nombre, limité pour chaque pôle, peut ne pas avoir de limite supérieure finie lorsque l'on considère les pôles dans leur ensemble); nous supposerons, de plus, que, dans $R_n(z)$, le coefficient de la plus haute puissance de z est égal à l'unité, et que *les nombres m_n ont une limite supérieure m.* On peut alors étendre aux séries (3), non seulement le résultat que nous venons d'énoncer, mais la plupart des résultats que j'ai obtenus antérieurement sur les séries (1); il y a lieu seulement de remplacer la condition que la série (2) est convergente par des conditions *analogues :* c'est-à-dire *par des conditions où ne figurent que les coefficients des numérateurs* $P_n(z)$; ces conditions dépendent d'ailleurs du nombre m. *Mais elles ne dépendent en rien de la distribution des pôles :* cette distribution peut être absolument quelconque.

» On remarquera que la série (3) peut fort bien vérifier ces conditions dont nous venons de parler, alors que la série (1) obtenue par la décomposition en éléments simples, ne les vérifierait pas; car les résidus dépendent de la position respective des pôles qui figurent dans un même dénominateur; *les généralisations que nous venons d'indiquer ne peuvent donc pas se ramener aux théorèmes antérieurs, par la décomposition en éléments simples.*

» On peut obtenir des généralisations plus étendues en ne faisant plus de restriction sur les degrés des $R_n(z)$, ni sur la possibilité pour un même pôle de figurer dans une infinité de dénominateurs; mais les conditions de convergence qu'il faut imposer aux coefficients des numérateurs ne peuvent plus alors être énoncées indépendamment des dénominateurs; ce qui est une grande complication pour les applications.

» Ces divers résultats sont en relation avec une généralisation de la notion de fonction analytique, à l'aide de prolongements traversant des lignes ou des aires dont tous les points sont singuliers, au sens de Weierstrass. Mais c'est là cependant un sujet distinct de celui de cette Note; les

résultats nouveaux que j'y ai obtenus seront, si l'Académie le permet, l'objet d'une prochaine Communication. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les caractéristiques des équations aux dérivées partielles et le principe d'Huygens.* Note de **M. J. Coulon**, présentée par M. Jordan.

« Dans l'un de ses derniers Mémoires, Hugoniot (¹) précise la notion de propagation simultanée de deux mouvements dans un fluide indéfini. Supposons qu'il s'agisse d'un mouvement défini par un système d'équations aux dérivées partielles du second ordre et interprétons, dans la représentation géométrique, le temps comme une variable. Soit $S(x, y, z, t)$ une surface séparant le corps en deux régions variables avec t, telles que dans chacune d'elles les fonctions qui définissent le mouvement prennent sur S les mêmes valeurs ainsi que leurs dérivées du premier ordre, mais soient fournies par des développements analytiques distincts. Hugoniot admet que de semblables mouvements peuvent se propager dans un milieu indéfini et il donne le nom de *surface d'onde* à la surface de séparation.

» Si l'on rapproche cette définition de la notion de caractéristiques dans les équations aux dérivées partielles, il en résulte que la surface d'onde est forcément une surface caractéristique. La possibilité de la propagation de deux mouvements revient à la démonstration de l'existence de solutions prenant les mêmes valeurs sur une surface caractéristique, ainsi que leurs dérivées du premier ordre.

» L'application de cette remarque est fort simple dans le cas des équations aux dérivées partielles à coefficients constants.

» Elle permet de définir les surfaces d'onde comme les enveloppes de cônes dont les équations sont faciles à obtenir. La forme de ces surfaces rend intuitives les propriétés de la propagation du mouvement.

» Considérons, par exemple, l'équation

$$a_1 \frac{\partial^2 V}{\partial x_1^2} + a_2 \frac{\partial^2 V}{\partial x_2^2} + \ldots + a_n \frac{\partial^2 V}{\partial x_n^2} + a \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} = 0.$$

(¹) Hugoniot, *Mémoire sur la propagation du mouvement dans un fluide indéfini* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 4e série, t. III, p. 477, et t. IV, p. 153).

qui contient, comme cas particulier, l'équation du son. Les surfaces caractéristiques sont définies par l'équation

$$a_1\left(\frac{\partial S}{\partial x_1}\right)^2+a_2\left(\frac{\partial S}{\partial x_2}\right)^2+\ldots+a_n\left(\frac{\partial S}{dx_n}\right)^2+a\left(\frac{\partial S}{\partial t}\right)^2=0;$$

on les obtiendra toutes en prenant les enveloppes du cône

$$\frac{(x_1-x_1^0)^2}{a_1}+\frac{(x_2-x_2^0)^2}{a_2}+\ldots+\frac{(x_n-x_n^0)^2}{a_n}+\frac{(t-t_0)^2}{a}=0,$$

lorsque les coordonnées du sommet (x_i^0, t_0) sont liées par $n-1$ relations au plus.

» Supposons ce sommet assujetti à décrire une ligne et considérons la section de la surface d'onde correspondante par le plan $t=t_1$. Elle sera définie comme l'enveloppe de la surface

$$\frac{(x_1-x_1^0)^2}{a_1}+\frac{(x_2-x_2^0)^2}{a_2}+\ldots+\frac{(x_n-x_n^0)^2}{a_n}+\frac{(t_1-t_0)^2}{a}=0,$$

les paramètres (x_i^0, t_0) étant astreints aux mêmes conditions.

» C'est précisément ce procédé qui permet de trouver la surface d'onde d'après Huygens. Le principe énoncé par ce physicien peut donc être regardé comme une interprétation géométrique du mode très simple de génération des surfaces caractéristiques.

» Dans le cas des équations de l'élasticité, les surfaces d'onde s'obtiendront en prenant l'enveloppe du réciproque d'un cône, en général du 6e degré. »

PHYSIQUE. — *Mouvements tourbillonnaires à structure cellulaire. Étude optique de la surface libre.* Note de M. **Henri Bénard**, présentée par M. Mascart.

« Pour établir les lois indiquées dans une précédente Note sur le mouvement permanent d'un liquide transportant de la chaleur de bas en haut, j'ai employé différentes méthodes : les unes reposent sur les propriétés des particules solides en suspension, déposées ou flottantes; les autres sont purement optiques.

» I. *Particules solides.* — 1° Des poussières impalpables, en suspension dans la masse liquide et entraînées sur les filets, sont réparties très inégalement dans les différentes régions de la *cellule* : les trajectoires extérieures,

à forme limite rectangulaire, n'en contiennent pas du tout; au contraire, les filets très courts, à vitesses linéaires faibles, qui entourent la courbe lieu des points de vitesse nulle, sont les plus chargés. Vues par transmission, les cellules offrent une partie centrale transparente, se raccordant par un dégradé très lent aux parties les plus opaques, et un contour également clair, mais très délié, se raccordant très brusquement aux parties les plus sombres; ce contraste tient à la forme abrupte des filets (*voir* la figure de ma dernière Note). L'observation par transparence dessine donc le contour des cellules par un cloisonné polygonal clair et extrêmement délié.

» 2° Si les corpuscules en suspension sont de forme lamellaire, et de plus réfléchissent vivement la lumière (poudre d'aluminium, graphite très fin), ils orientent leur grande surface tangentiellement au filet qui les transporte, et le résultat est, grâce à la transparence des couches extérieures, le même que si les filets non périphériques formaient une surface brillante continue : leurs parties horizontales réfléchissent très vivement la lumière incidente, leurs parties inclinées la réfléchissent de moins en moins quand l'inclinaison croît. On obtient un relief saisissant des formes des filets, avec leurs plus petits détails (différenciation des divers azimuts de la cellule, etc.).

» 3° Des poussières quelconques incorporées au liquide finissent, si elles ne sont pas extrêmement fines, par se déposer. Elles se réunissent uniquement aux centres des cellules, où les amènent les courants centripètes qui balaient la paroi du fond : chaque cellule s'enregistre ainsi par un petit dépôt central. Si le réseau hexagonal est bien régulier, on obtient trois directions de rangées à 60° l'une de l'autre, avec des points ronds parfaitement équidistants sur chaque rangée. L'ensemble a la netteté d'une épure.

» 4° Une particule insubmersible projetée à la surface libre suit d'abord la direction centrifuge du filet superficiel sur lequel elle est tombée, puis arrive, en un temps très court ($0^s,1$ par exemple), sur le côté du polygone limitant la cellule. En ce point, les deux filets superficiels, situés de part et d'autre, convergent en formant un angle obtus : la résultante des deux vitesses entraîne le corpuscule solide vers le sommet ternaire le plus proche, seule position d'équilibre stable d'une particule solide flottante. Ce chemin brisé est décrit avec deux vitesses très différentes; si l'on prend une photographie instantanée de la surface libre environ $0^s,2$ après avoir projeté un nuage pulvérulent (lycopode), le réseau de polygones sera fi-

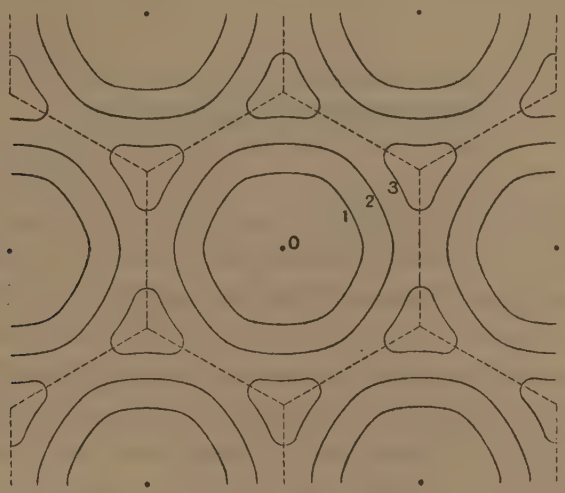
guré avec une extrême finesse par les grains juxtaposés. Mais si l'on attend un peu plus longtemps, 1^{s} par exemple, tous les grains sont déjà rassemblés aux sommets ternaires, où ils demeurent : la photographie ne donne plus que l'enregistrement de ces sommets.

» II. *Méthodes optiques. Étude de la surface libre.* — La surface libre n'est pas plane, mais présente, par rapport au niveau moyen, des dépressions et des surélévations d'ailleurs très faibles (de l'ordre de 1$^{\mu}$ pour une épaisseur de 1^{mm}, avec le flux maximum); les courbures sont de plus en plus prononcées quand le flux de chaleur croît.

» J'ai étudié cette surface par un grand nombre de méthodes optiques et enregistré les résultats par la Photographie :

» 1° Relief en éclairage cylindrique (procédé analogue à celui de Foucault);

» 2° Foyers et lignes focales de la surface (lumière incidente parallèle); mesure des rayons de courbure remarquables;



» 3° Franges d'interférence à grande différence de marche entre la surface libre et une lame plane de verre placée au-dessus. J'ai pu les photographier en posant 0^{s},2 environ avec l'arc au mercure dans le vide du tube de MM. Pérot et Fabry ($\lambda = 0^{\mu},4358$).

» 4° Franges formées entre les deux faces de la lame liquide elle-même, le fond de la cuve constitué par un miroir d'acier optiquement plan. Les franges enregistrent alors la distribution des différences de marche $(n-1)e$, due à la fois aux variations de e, connues par les méthodes précédentes, et aux variations d'indice moyen sur chaque verticale résultant de la distribution permanente des isothermes. Je n'ai pu encore photographier ces franges, nécessairement très mobiles, malgré toutes les précautions, mais la simple observation directe permet d'en tirer quelques renseignements.

» La figure ci-dessus donne une idée exacte des formes des courbes de niveau de la surface libre dans le cas hexagonal parfait.

» Le centre de la cellule est un *ombilic* concave; chaque sommet ternaire, un *sommet* topographique; le contour polygonal, une *ligne de faîte;* la ligne joignant deux ombilics, *un thalweg;* le milieu de la ligne joignant deux sommets voisins, un *col.* Le long de la ligne de faîte, la courbure convexe normale à sa direction est très prononcée par rapport aux autres courbures (le rayon peut descendre à quelques centimètres) : c'est, relativement, une véritable *crête* dont les deux *versants*, formant miroirs de Fresnel par réflexion, biprisme par transmission (doublé par réflexion sur le miroir d'acier), donnent de belles franges de diffraction parallèles à la crête.

» Ce sont les lignes focales des lentilles convexes cylindriques formées par les lignes de faîte (lentilles doublées par le miroir) qui m'ont permis de définir optiquement les contours des cellules avec le plus de netteté, par un trait lumineux d'une extrême finesse. C'est le procédé que j'ai employé dans toutes les mesures de dimensions. »

ÉLECTRICITÉ. — *Accroissements de résistance des radioconducteurs.* Note de M. **Édouard Branly.**

« J'ai signalé en 1891 (¹) les accroissements de résistance offerts par certains radioconducteurs sous les influences électriques qui déterminent, en général, des diminutions de résistance. L'effet d'accroissement de résistance, beaucoup plus rarement observé jusqu'ici que l'effet inverse de diminution, a été reproduit par plusieurs physiciens, avec les substances que j'avais fait connaître. Quelques-unes des explications qu'ils ont proposées présentant ces phénomènes comme des phénomènes secondaires, occasionnés par des ruptures ou par des modifications chimiques, j'ai repris mes anciennes expériences. Sans contester qu'il puisse y avoir des ruptures dans certains cas bien déterminés, mes nouveaux essais m'ont affermi dans l'opinion que l'accroissement de résistance dépend, comme la diminution, d'un état physique des couches isolantes interposées.

» Il y a lieu, d'après cela, d'étudier à part les deux effets en leur attribuant une égale importance, au même titre qu'on étudie séparément les phénomènes magnétiques et les phénomènes diamagnétiques avec les-

(¹) *Bulletin de la Société internationale des Électriciens,* mai 1891. — *Bulletin des séances de la Société de Physique,* avril 1891. — La *Lumière électrique,* mai et juin 1891.

quels les diminutions et les accroissements de résistance ne sont pas sans analogie.

» Voici le mode d'expérimentation auquel je me suis arrêté dans mes derniers essais. Le radioconducteur est disposé avec un galvanomètre dans un circuit dérivé du circuit principal d'un élément Daniell, de telle façon que la force électromotrice qui presse sur le radioconducteur ne soit que de $0^{volt},001$ au lieu de $1^{volt},5$ environ, comme cela a lieu quand on dispose le radioconducteur dans le circuit direct d'un élément Leclanché, comme on le fait le plus souvent. Quand le radioconducteur a été exposé à une action électrique et que le changement de déviation du galvanomètre a indiqué une variation de conductibilité, on lui substitue dans son circuit dérivé une résistance convenable pour atteindre la même déviation. Par cette substitution, on évite les extracourants à force électromotrice variable de la méthode du pont de Wheatstone.

» Pour bien mettre en évidence la continuité de la variation de conductibilité, il a été commode d'opérer cette variation soit par l'étincelle à distance qui donne lieu à des forces électromotrices d'induction considérables, soit par des courants directs de piles ayant des forces électromotrices croissantes. Dans ce dernier cas, le radioconducteur était introduit pendant un temps très court ou pendant trente secondes dans le circuit d'une pile d'un nombre connu d'éléments et, pour qu'il n'intervînt que la *poussée* de la force électromotrice, sans courant appréciable, le circuit de la pile et du radioconducteur était complété par une colonne liquide (eau distillée et sulfate de zinc entre des électrodes de zinc) de 3 millions d'ohms de résistance.

» L'effet de l'étincelle ou de la pile ayant été obtenu, le radioconducteur était rétabli dans son circuit dérivé et sa nouvelle résistance était mesurée par substitution.

» Afin d'établir un parallèle entre les substances à résistances décroissantes et les substances à résistances croissantes sous les mêmes influences électriques, je donne ici le détail d'expériences faites successivement avec les deux groupes.

» I. *Substances à résistances décroissantes.* — 1° Tube à limaille d'or *pur* entre deux tiges d'or pur (limaille tamisée suivant mes anciennes indications, 200 au tamis). La limaille est enfermée dans un tube bien calibré de $1^{mm},3$ de diamètre; à l'aide d'une vis micrométrique, le serrage est poussé jusqu'au point où une conductibilité nette apparaît. La résistance initiale a une valeur dont on est maître par le serrage.

Résistance avant toute action électrique ..... 400 ohms.

On fait passer pendant trente secondes (1) le courant d'une pile à travers le radioconducteur et la colonne liquide de 3 000 000 d'ohms.

Avec une pile de ...	8 volts		résistance ...	160 ohms	
» ...	16	»	» ...	81	»
» ...	80	»	» ...	39	»
» ...	160	»	» ...	25	»

(1) En établissant la communication avec la pile pendant un temps très court, on

On fait ensuite agir à distance l'étincelle d'une petite machine de Wimshurst. En rapprochant graduellement l'étincelle, la résistance finit par tomber à $6^{ohms},5$.

» L'emploi successif des forces électromotrices de piles et des forces électromotrices induites par l'étincelle donne dans une certaine mesure une idée de l'ordre de grandeur de la force électromotrice de ces dernières.

» En touchant enfin le tube à limaille avec un des deux pôles de la machine, la résistance *augmente* et elle devient graduellement supérieure à 10000 ohms (limite de la mesure permise par la sensibilité du galvanomètre).

» 2° Tube à limaille d'or précipité (préparé par M. Dervin) entre deux électrodes d'or pur.

Résistance initiale....	1210	ohms
8 volts.....	1180	»
16 »	1030	»
40 »	140	»
160 »	40	»

» Étincelles de Wimshurst à distances décroissantes : 25, puis 15, puis 11 ohms. En touchant avec un pôle de la machine, la résistance *augmente* et devient graduellement supérieure à 10000 ohms.

» La conductibilité reparaît en faisant passer un instant le courant d'une pile de 40 volts.

» Les expériences du premier groupe peuvent être multipliées; j'ai choisi celles qui se rapportent à la limaille d'or pur entre deux électrodes d'or, pour répondre de nouveau à l'opinion que l'or entre deux électrodes d'or ne se comporte pas comme les autres métaux et que l'air interposé entre les grains métalliques a besoin d'être renforcé par une couche d'oxyde.

» II. *Substances à résistances croissantes.* — 1° Tube à vis renfermant du peroxyde de plomb. Comme pour les autres poudres métalliques, la résistance du peroxyde de plomb augmente par le choc avant toute action électrique.

» On rapproche les deux électrodes pour diminuer la résistance.

Résistance initiale (1).....	220	ohms
Avec la pile de 160 volts.....	300	»
» 320 »	430	»
» 480 »	1600	»

» 2° Même tube renfermant du peroxyde de plomb soumis à un serrage initial différent.

---

obtient un effet un peu inférieur à celui qu'on détermine par un effet prolongé. C'est un fait que j'ai indiqué autrefois.

(1) La résistance augmente très lentement au début, on attend qu'elle soit devenue fixe.

Résistance initiale....	630	ohms
Pile de 8 volts.....	650	»
» 16 »	685	»
» 40 »	760	»
» 80 »	850	»
» 120 »	1090	»
» 160 »	2070	»

» En faisant éclater une étincelle de la machine statique à une distance décroissante, on arrive à 6000 ohms. En touchant le tube avec un pôle de la machine, on dépasse 10000 ohms.

» Je rappelle les expériences que j'ai faites en 1891 avec des verres platinés, elles accusent des alternatives de conductibilité et de résistance incompatibles avec l'hypothèse d'une rupture de la couche métallique.

» Comme l'emploi du verre platiné est irrégulier, des échantillons différents offrant des résultats différents, j'indique en terminant un procédé conduisant à la préparation aisée de couches métalliques à résistances constamment croissantes.

» On sait qu'une feuille d'or battu extrêmement mince, collée sur verre avec de la gomme arabique, n'a qu'une très faible résistance; cette résistance diminue légèrement, comme je l'ai montré en 1891 (*Comptes rendus*, 12 janvier 1891 et 3 février 1896) par l'action des oscillations électriques à distance. Si l'on frotte la feuille d'or avec le doigt bien sec, de façon à lui faire acquérir une résistance de 50 ohms à 60 ohms par centimètre de longueur, ce qui est facile, on obtient une couche dont la résistance ne diminue plus, mais augmente notablement par l'action de l'étincelle à distance. »

ÉLECTRICITÉ. — *L'inductance et les oscillations électrostatiques.* Note de M. **P. de Heen**.

« Le seul phénomène d'action à distance exercé par des charges électrostatiques, et reconnu jusqu'à présent, a été désigné sous le nom d'*influence*. On peut montrer qu'un phénomène d'*inductance* comparable à celui de l'électro-dynamique, se superpose, dans certains cas, au premier.

» *Si l'on approche un conducteur chargé d'un autre conducteur, ou encore si l'on charge ou si l'on accroît le potentiel du premier conducteur, le deuxième conducteur se charge d'électricité de même nom.*

» *Le contraire a lieu si l'on exécute les opérations inverses.*

» *Un conducteur mis en mouvement dans le voisinage d'un deuxième*

conducteur tend à se déplacer en sens inverse du mouvement qu'on lui communique.

» Cette loi peut se mettre en évidence par des expériences multiples, nous nous bornerons à en citer une.

» Considérons un électroscope à feuilles d'or *dont le conducteur est à la terre* et plaçons dans ces conditions, à une *distance déterminée* et relativement faible, le conducteur *positif* d'une bouteille de Leyde. L'électroscope étant mis en fonction, le phénomène de l'influence se manifeste et les feuilles d'or s'écartent d'une quantité *relativement faible*. L'influence s'est manifestée isolément.

» Si, en second lieu, l'électroscope étant déchargé et la bouteille de Leyde étant à une grande distance, nous venons à rapprocher celle-ci jusqu'à la distance qui correspondait à la première expérience, le phénomène de l'*inductance* s'est produit, les feuilles d'or divergent d'une quantité *incomparablement plus grande* que dans la première expérience, et l'électroscope est chargé *positivement*, ainsi qu'on peut s'en assurer en le mettant en contact avec un électroscope indiquant le signe de l'électricité.

» En troisième lieu, exécutons la première expérience, puis écartons la bouteille lentement. Il arrivera un moment où l'*influence* cessera d'être sensible, et les feuilles d'or entreront en contact. Mais si l'on poursuit le mouvement d'éloignement, l'électroscope s'électrise *négativement* par *inductance*, et les feuilles d'or s'écartent de nouveau.

» Il résulte de ceci que, si nous déterminons une oscillation de potentiel, cette oscillation se transmettra à distance, très vraisemblablement par *inductance* et non par *influence*, et si l'on vient à mettre *un* des pôles d'une forte bobine activée par un interrupteur Whenelt en communication avec un fil de cuivre tendu ou avec un carré de grosse toile métallique, les oscillations électro-magnétiques développées sont capables d'illuminer un tube à vide enfermé dans un étui en carton épais. Un radio-conducteur très sensible permet de reconnaître l'absence de l'oscillation électromagnétique. »

PHYSIQUE. — *Remarques à propos d'une Note récente de M. G. Le Bon* (1). Note de M. **P. Curie**, présentée par M. Potier.

« M. Le Bon a remarqué que le bromure de baryum radifère lumineux, préparé à l'usine de List (Hanovre) sur les indications de M. Giesel, a la

(1) *Comptes rendus*, 2 avril 1900.

propriété de perdre sa luminosité quand on le chauffe et de la reprendre par refroidissement. Cette propriété a déjà été signalée par M. Giesel lui-même (1).

» Ont été de même l'objet de publications antérieures de M. Becquerel, de M. Giesel, de Mme Curie et de moi :

» La propriété des sels de baryum lumineux de perdre en partie leur luminosité à l'humidité (2), les propriétés du phosphore humide (3), l'émission possible de matière par les corps radioactifs (4), l'absence de polarisation des rayons du radium (5).

» M. Le Bon parle, dans sa Note, de la *lumière noire;* les rayons qu'il désigne ainsi et qu'il a utilisés dans certaines expériences (6) sont des rayons calorifiques infra-rouges. Graham Bell a montré en 1880 que l'ébonite est transparente pour ces rayons (7). »

CHIMIE. — *Nouvelle réaction microchimique du palladium* (8). Note de MM. **M.-E. Pozzi-Escot** et **H.-C. Couquet**. (Extrait.)

« Si l'on additionne, en suivant les indications que nous avons données au sujet de la technique microchimique, une solution de chlorure de palladium, d'azotite de potassium, puis, immédiatement ensuite, d'un excès d'un alcali caustique, potasse, soude ou ammoniaque, il se forme de très beaux cristaux rhomboïdaux, appartenant au système orthorhombique, très volumineux, plus ou moins teintés de jaune et extrêmement abondants, qui constituent un azotite double de palladium et de potassium.

» Il faut éviter toute élévation de température, qui amène une démolition complète de la molécule du composé; il faut une évaporation lente de la préparation.

» La sensibilité de cette réaction permet de reconnaître, sans le moindre doute, les sels de palladium; elle rendra de précieux services. »

---

(1) *Wied. Ann.*, t. LXIX, p. 91.
(2) Giesel, *Wied. Ann.*, t. LXIX, p. 91.
(3) Curie, *Revue gén. des Sciences*, 31 janvier 1899.
(4) Curie, *Comptes rendus;* 5 mars 1900 et 8 janvier 1900.
(5) H. Becquerel, *Comptes rendus*, 27 mars 1899.
(6) *Revue scientifique*, 11 février 1899.
(7) *Ann. de Chim. et Phys.*, 5e série, t. XXI, p. 394 et t. XXIII, p. 430.
(8) Travail fait au laboratoire de recherches de M. Pozzi-Escot, à Bergerac.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches expérimentales sur les phénomènes physiologiques accompagnant la chlorose chez la Vigne.* Note de M. **Georges Curtel**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« Je me suis proposé de rechercher sur la Vigne les troubles physiologiques apportés par la chlorose aux fonctions ordinaires de l'organe le plus atteint par elle, la feuille. J'espérais trouver dans ces manifestations morbides quelque indication de nature à faciliter la découverte d'un traitement réellement sûr, jusqu'à présent encore inconnu. Voici les premiers résultats de ces expériences. Les pieds soumis à l'observation étaient des Gamays noirs d'Arcenant sur Riparia gloire de Montpellier et des Chasselas de Fontainebleau sur Aramon Rupestris Ganzin 1.

» 1° *Respiration.* — Dès les premières atteintes du mal, l'activité respiratoire de la feuille diminue et cette diminution va croissant. En même temps, indice certain du trouble profond apporté dans la vie de l'organe, le rapport $\frac{CO^2}{O}$ des gaz échangés diminue considérablement.

» *Exemple.* — J'introduis dans deux éprouvettes de 145^{cc}, reposant sur le mercure et placées à l'obscurité, une feuille chlorotique de 127^{cq},02 de surface, une feuille saine de 152^{cq},32 de surface. Je fais avant et après l'expérience l'analyse des gaz des deux éprouvettes. Durée de l'expérience : 9^h 35^m-3^h, T = 18°.

Feuille chlorotique.			Feuille saine.			Air initial.
CO^2.	1,25	$\frac{CO^2}{O} = 0,70$	CO^2.	2,25	$\frac{CO^2}{O} = 0,89$	CO^2. 00,00
O...	19,00		O...	18,25		O... 20,80
Az..	79,75		Az..	79,50		Az.. 79,20

» 2° *Assimilation.* — Je me suis contenté de vérifier que les chromoleucites jaunes étaient impropres à l'assimilation, ainsi que je l'avais précédemment observé chez la fleur par les mêmes moyens (1). Ceci démontré, il devient évident qu'avec la disparition de la chlorophylle, l'assimilation cesse.

» 3° *Transpiration.* — Je détermine les quantités d'eau transpirées en

(1) *Ann. Sc. nat.*, 1899. J'emploie, comme réactif de l'oxygène, le carmin d'indigo décoloré par l'hydrosulfite de soude additionné de chaux et j'opère sur des fragments de feuille ou de fleur, découpés à l'emporte-pièce. Les moindres traces de chlorophylle déterminent le bleuissement de la solution à la lumière.

même temps à l'obscurité et à la lumière diffuse, soit par des feuilles, soit par des rameaux feuillés, dont le pédoncule ou le pied détachés de la plante plongent dans l'eau. Je détermine ensuite la surface des feuilles ainsi exposées (¹) et je calcule la perte d'eau par centimètre carré.

			Perte totale d'eau.	Perte par cq.
		Obscurité.		
10^h45^m-8^h30^m	Feuille saine.....	$S = 226,62^{cq}$	0,825	$3,6^{mgr}$
$T = 17°$-$19°$	Feuille chlorotique....	$S = 200,26$	0,439	2,2
		Lumière.		
9^h12^m-8^h30^m	Feuille saine.....	$S = 164,30$	1,013	6,1
$T = 21°$ (moy.)	Feuille chlorotique....	$S = 159,00$	0,519	3,2

» La fonction de transpiration est donc considérablement diminuée chez la feuille chlorotique et cela dès les premières atteintes du mal. Parmi les causes nombreuses pouvant déterminer cette diminution de la transpiration dans la feuille de Vigne, j'en ai déterminé une, celle-là précisément que l'on signale comme étant la cause la plus commune de la chlorose : c'est l'excès de calcaire, surtout de calcaire très divisé offrant une large surface d'attaque aux poils absorbants.

» *Expérience.* — Des Gamays Arcenant sur Riparia Gloire ont été élevés dans des vases en verre. Par un dispositif spécial je substitue au moment de l'expérience, au milieu où vivent les racines, pour l'un (*a*) une bouillie très épaisse de blanc de Troyes, finement pulvérisé; pour l'autre (*b*) de l'eau de Seltz. Je détermine au bout d'un même temps les quantités d'eau transpirées par ces deux pieds, choisis aussi comparables que possible, comme bois, surface foliaire. Ils ont tous deux six feuilles sur un unique rameau. J'observe pour le pied *a* une perte d'eau de $5^{gr},80$ par 1000^{cq} de surface, alors que le pied *b* accuse une perte de $7^{gr},05$. La différence va s'accentuant le lendemain. Dans les conditions ordinaires les différences entre les deux pieds sont de quelques décigrammes.

» L'explication probable du phénomène est celle-ci. Le carbonate, facilement attaqué par les poils radicaux, est absorbé en abondance. Il neutralise les acides végétaux, précipite leurs sels. Or on sait que ce sont surtout les acides et les sels acides végétaux qui interviennent le plus activement pour assurer le mouvement de l'eau de cellule à

(¹) Pour calculer cette surface, on découpe et pèse la silhouette de chaque feuille tracée sur du papier; ou mieux, on y découpe à l'emporte-pièce n sections, de surface connue s, de poids total p. Soient S, P les surface et poids de la feuille; on a $\frac{S}{P} = \frac{ns}{p}$, d'où l'on tire S.

cellule. Il est cependant curieux d'observer que si le départ d'eau par la feuille est considérablement diminué, l'arrivée d'eau dans celle-ci n'est pas diminuée dans les mêmes proportions, bref qu'elle reçoit plus qu'elle n'élimine. J'ai en effet constaté que le rapport $\frac{H^2O}{P}$ du poids d'eau contenu dans la feuille au poids de la feuille lui-même était d'ordinaire plus élevé chez la feuille chlorotique, qui apparaît ainsi comme gorgée d'eau. Valeurs du rapport $\frac{H^2O}{P}$ = chez des feuilles saines 0,72; 0,70; 0,67 et chez des feuilles chlorotiques examinées comparativement deux à deux et choisies d'égales dimensions autant que possible : 0,77; 0,78; 0,76.

» *Conclusions.* — La chlorose se manifeste dans la feuille malade : 1° *par un affaiblissement notable de l'activité respiratoire et la diminution du rapport* $\frac{CO^2}{O}$ *des gaz échangés;* 2° *par la diminution puis la cessation de la fonction assimilatoire : les chromoleucites étant impuissants à l'assurer;* 3° *par un très grand affaiblissement de la fonction transpiratoire.* L'altération de cette fonction qui pour la plante remplace les organes propulseurs des liquides organiques entraîne des troubles profonds de la nutrition, en particulier la disparition de la chlorophylle qui ne trouvant plus les matériaux nécessaire à sa régénération dans une sève insuffisante disparaît au fur et à mesure de sa destruction sous l'action de la lumière. Parmi les causes pouvant agir sur l'activité de cette fonction, nous avons trouvé l'excès de calcaire du sol. Il en est beaucoup d'autres : excès d'eau, conditions climatériques défavorables, etc., et qui toutes d'ailleurs sont susceptibles d'entraîner la chlorose, *si bien que ces deux phénomènes : apparition de la chlorose, altération de la fonction transpiratoire, nous apparaissent indissolublement liés,* et que logiquement on peut admettre que toute cause capable de modifier l'un d'eux devra nécessairement avoir son influence sur l'autre. »

PALÉONTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur une Sélaginellée du terrain houiller de Blanzy.* Note de M. **R. Zeiller**, présentée par M. Gaston Bonnier.

« On a signalé à diverses reprises dans les formations paléozoïques, principalement dans le terrain houiller, des empreintes de Lycopodinées herbacées, constituées par des rameaux divisés par dichotomie, les uns garnis de feuilles serrées toutes conformes, et offrant ainsi l'aspect de ceux de nos Lycopodes actuels, les autres à feuilles tétrastiques dimorphes, présentant tous les caractères extérieurs de ceux des Sélaginelles; mais

bien que plusieurs d'entre eux aient été trouvés munis d'épis terminaux de fructification, il a été impossible jusqu'ici de savoir si l'on avait affaire à des Lycopodinées isosporées ou à des Lycopodinées hétérosporées, et l'on s'est borné à les classer les uns et les autres sous le nom générique collectif de *Lycopodites*. La même incertitude a empêché M. C.-Eg. Bertrand de rapporter au genre *Selaginella*, bien qu'ils en offrissent tous les caractères anatomiques, de petits ramules à feuilles tétrastiques, à structure conservée, provenant du terrain houiller d'Angleterre, auxquels il a donné le nom de *Miadesmia* (1).

» Dans ces conditions, il me paraît intéressant de faire connaître les observations que j'ai pu faire sur le contenu des sporanges d'un *Lycopodites* du Stéphanien de Montceau-les-Mines, visiblement allié au *Lyc. macrophyllus* Goldenberg du Westphalien de Sarrebrück, mais à feuilles plus grandes et plus serrées, que je dois à l'obligeance de M. Suisse, ingénieur en chef des mines de Blanzy, et que je désignerai sous le nom de *Lycopodites Suissei*.

» Il se présente sous la forme de rameaux plusieurs fois bifurqués, à branches quelque peu inégales, à axe de 1^{mm} à 2^{mm} d'épaisseur, garni de feuilles tétrastiques dimorphes; celles des deux séries postérieures étalées-dressées, contiguës, longues de 4^{mm} à 6^{mm} sur 2^{mm} à 3^{mm} de largeur, uninerviées, à contour ovale-lancéolé, à sommet aigu ou obtusément aigu, à bords finement denticulés; celles des deux séries antérieures d'ordinaire à peine visibles, étroitement dressées, appliquées sur l'axe du rameau, longues d'environ $1^{mm},5$ sur $0^{mm},5$ à $0^{mm},75$ de largeur, ovales-lancéolées, à sommet très aigu. Quelques-uns de ces rameaux se terminent par des épis de 8^{mm} à 10^{mm} de largeur, mesurant jusqu'à $0^{m},15$ de longueur et même davantage, composés de bractées polystiques toutes semblables, disposées à ce qu'il semble suivant huit séries longitudinales, d'abord étalées normalement à l'axe et portant sur leur face ventrale un sporange ovoïde de $1^{mm},5$ à 2^{mm} de longueur sur 1^{mm} à $1^{mm},5$ de largeur, puis relevées en un limbe triangulaire à sommet aigu, à bords latéraux finement denticulés comme les feuilles elles-mêmes.

» Ces sporanges étant transformés en une lame charbonneuse assez épaisse, susceptible d'être détachée de la roche sans se briser, j'ai pensé qu'il ne serait pas impossible d'en étudier le contenu en les traitant successivement par les réactifs oxydants et par l'ammoniaque. J'ai réussi, en effet, à obtenir ainsi des masses de spores encore enfermées dans une mince pel-

(1) C.-Eg. Bertrand, *Sur une nouvelle Centradesmide de l'époque houillère* (*Association française pour l'avancement des Sciences*, 23e Session, Caen, II, p. 588-593).

licule formée de cellules allongées, et j'ai pu mettre ces spores en liberté, soit en les dégageant à l'aide d'une aiguille, soit en les roulant sous la lamelle. Sur la plus grande étendue des épis, les sporanges sont tous des microsporanges renfermant un nombre extrêmement considérable de microspores à corps sphérique triradié de 40 à 50 μ de diamètre, hérissé de fines aspérités et muni de trois crêtes divergeant à 120° ainsi que d'une collerette ou crête équatoriale de 15 à 20 μ de largeur. A la partie inférieure, sur une hauteur variable, parfois très restreinte, il n'y a plus que des macrosporanges renfermant des macrospores à corps triradié de $0^{mm},5$ de diamètre, relevé de fines rides anastomosées en réseau et pourvu de trois crêtes divergentes et d'une crête équatoriale de 65 μ de largeur. On a donc affaire à une Lycopodinée hétérosporée, qu'on serait tenté de rapporter formellement au genre *Selaginella,* dont on retrouve ici tous les caractères, abstraction faite des dimensions beaucoup plus grandes des épis : la différence qui existe entre le nombre des séries de feuilles et celui des séries de bractées ne me semblerait pas, en effet, de nature à faire obstacle à cette attribution, puisqu'elle se retrouve en sens inverse dans le genre vivant, où certaines espèces à feuilles polystiques ont des épis à bractées tétrastiques; mais, tandis que chez nos Sélaginelles vivantes les macrosporanges ne renferment que quatre macrospores, le tissu sporogène avortant et se résorbant, à l'exception d'une seule cellule mère, ici chaque macrosporange contient un nombre notable de macrospores que j'ai trouvé tantôt de 16, tantôt de 24, et plus rarement de 20.

» Sans vouloir prétendre qu'il en soit nécessairement de même chez les autres formes analogues de l'époque houillère, il est vraisemblable, étant donnée leur ressemblance mutuelle, qu'elles différaient moins les unes des autres que des Sélaginelles actuelles, et l'on est conduit à penser que celles-ci en sont dérivées par voie de modification plus ou moins graduelle, consistant dans la réduction des épis de fructification et principalement dans la stérilisation progressive du tissu sporogène des macrosporanges. »

GÉOLOGIE. — *Subdivisions du Sénonien (s. l.) du Portugal.* Note de M. **Paul Choffat**, présentée par M. Albert Gaudry.

« En 1897, j'ai eu l'honneur d'annoncer à l'Académie que la contrée située entre le Mondégo et le Vouga présente du Sénonien marin et un massif puissant contenant des Vertébrés, des Végétaux terrestres et des Mollusques d'estuaires analogues à ceux du Garumnien de la Provence.

» De nouvelles études me permettent de donner quelques détails sur la subdivision de ce massif, quoiqu'il y ait encore de nombreux points obscurs, ce qui est dû au recouvrement superficiel et à l'absence de liaison entre les gisements.

» Nous distinguerons une suite d'affleurements à peu près contigus, dont la base repose sur le Turonien, et des *outliers* qui sont complètement séparés; nous commencerons par l'examen des premiers.

» Les calcaires turoniens de Mamaroza, à faune marine, passent à un grès calcarifère, micacé, sans fossiles, que je considère comme formant la partie supérieure de l'étage. Au-dessus commence le complexe fluvio-marin, plongeant assez régulièrement vers l'Ouest, sous un angle de 4° à 5°.

» I. *Grès du Ceadouro.* — Massif d'environ 140^{m} de puissance, formé par des sables en général grossiers, et des grès mal cimentés, n'ayant fourni que des mollusques saumâtres et des végétaux mal conservés, tandis qu'à sa partie supérieure un banc de 1^{m} d'épaisseur contient une faune franchement marine, dans laquelle se trouve l'*Hemitissotia,* genre incontestablement sénonien, tandis que *Odontapsis* du *Bronni, Anomœdus subclavatus* et le genre *Sargus* sont connus du Maestrichtien, Danien et du Tertiaire. Le reste de la faune, Gastropodes et Lamellibranches, présente le faciès du Gault portugais. Nous y remarquerons : *Glauconia Renauxiana* et *Kefersteini, Natica bulbiformis, Cardium hillanum* et *Cyclolites scutellum.*

» II. *Assises fluvio-marines.* — *a.* Marnes avec nombreux *Cypris.*

» *b.* Marnes sèches, rouges et verdâtres, avec des roches ressemblant à la bauxite, et du gypse et de la barytite disséminés dans les marno-calcaires. Faune saumâtre : *Clastes lusitanicus* (genre éocène), *Melania, Cyrena, Anomia,* etc. Un grand *Bulimus,* seule espèce terrestre, ne se trouve que dans une localité. *Pyrgulifera armata* (variété sans nœuds saillants) et des corps cylindriques d'origine problématique, sont connus des calcaires de Rognac. Puissance calculée : 300^{m}.

» *c.* Grès calcaréo-argileux, très fossilifères, présentant un mélange d'espèces marines et d'espèces saumâtres. Formes les plus abondantes : *Melania, Pyrgulifera, Hydrobia, Cyrena, Anomia Coquandi* Zitt., *Ostrea vesicularis* Lam., *O. acutirostris* Nils, etc.

» *d.* La série qui précède est ininterrompue, mais les strates qui la surmontent sont recouvertes vers l'Ouest par les sables pliocènes, tandis qu'au Nord la vallée de Vagos montre des couches paraissant lui faire suite. Elles contiennent la plupart des espèces saumâtres des couches précédentes, mélangées à un plus grand nombre d'espèces marines : *Glauconia, Pholas, Glycimeris* et surtout *Mytilus.*

» *e.* Encore plus au Nord, les espèces marines deviennent fort rares, tandis que les lits à végétaux et les débris de Vertébrés augmentent en nombre. Ces derniers sont représentés par les genres crétaciques *Teleosteus* et *Osmeroides* et les genres éocènes *Sargus* et *Clastes.* La *flore* présente un mélange de types crétaciques et de formes à affinités tertiaires.

» III. *Graviers d'Esgueira.* — Massif de sables et de graviers d'une cinquantaine

de mètres d'épaisseur, à aspect pliocène, ne présentant de fossiles qu'à la base. Ce sont des lits à végétaux nombreux, mais peu variés, parmi lesquels dominent des conifères et des fougères du crétacique inférieur, tandis que des dicotylées nous ramènent aux flores du crétacique supérieur.

» Outliers. — *Grès à Hoplites Vari var. Marroti.* — Les marécages qui limitent les dunes isolent deux petits affleurements d'un grès fin, contenant une faune très riche en *Gastropodes* et en *Lamellibranches* (*Inoceramus Crispi*) et en outre un *Baculites*, deux *Ammonites* indéterminables, et de nombreux *Hoplites Marroti*.

» *Sables et marnes à végétaux et à Vertébrés.* — A un kilomètre à l'Est du gisement précédent se trouvent des sables contenant des alternances irrégulières de lits d'argile à végétaux, mélange de types du crétacique supérieur et de formes à affinités tertiaires.

» Des gisements à flore identique sont situés plus au Sud; l'un d'entre eux contient en plus de nombreux restes de Vertébrés ayant aussi le même mélange d'affinités.

» Si le plongement vers l'Ouest, observé dans la série contiguë au Turonien, existe aussi sous les sables pliocènes qui la séparent des gisements à végétaux, ceux-ci seraient supérieurs à toute cette série, mais il est probable que les grès à *Hoplites Marroti* partageraient le même sort, et, comme cette espèce est caractéristique du Campanien inférieur, il en résulterait que les marnes à *Pyrgulifera armata* seraient antérieures au Campanien, tandis qu'elles paraissent parallèles aux calcaires de Rognac.

» Il est donc plus probable que les sables pliocènes cachent un relèvement des couches, et, dans ce cas, les grès à *Hoplites Marroti* et les couches à végétaux correspondraient à une hauteur quelconque des grès du Ceadouro.

» *Gisements sur le Paléozoïque.* — A l'est de Coimbra se trouvent des affleurements (*grès du Bussaco*) à flore identique à celle des outliers de Mira. Ils pénètrent dans le massif paléozoïque jusqu'à 40^{km} de son bord occidental. L'analogie pétrographique fait supposer que des grès de même âge se trouvent vers la frontière et à Salamanque.

» *Conclusions.* — Au nord de Mondégo, le Turonien est surmonté par un complexe de grès représentant le Sénonien s. l., c'est-à-dire comprenant le Danien. Malgré tous les points douteux qui existent encore, on peut affirmer les faits suivants :

» Abstraction faite du gisement le plus occidental formé par un grès franchement marin, correspondant au Campanien, ce complexe présente, de la base au sommet, une faune saumâtre mélangée, dans quelques niveaux, à des espèces marines et à des lits à végétaux flottés. Au toit du tiers supérieur se trouve un banc à faune marine contenant des Ammonites sénoniennes.

» Les *Vertébrés*, étudiés par le Dr Sauvage, appartiennent à des types du Crétacique inférieur, du Maestrichtien, du Danien et du Tertiaire, caractère qui se trouve aussi bien en dessous qu'en dessus du banc à *Pseudotissotia*.

» Les *Végétaux* encore inédits, quoiqu'ils soient en partie étudiés par M. de Saporta et M. W. de Lima, présentent le même mélange que les Vertébrés, tandis que les mollusques peuvent tous être rapportés au Crétacique.

» La fixation de l'âge des grès de Bussaco, profondément disloqués avec le Paléozoïque, fait voir que la cordillière Lusitano-Castillane est postérieure à cette époque, par conséquent, que la meseta ibérique n'est pas restée indemne dès la fin des temps paléozoïques. »

M. **L.-K. Böhm** adresse, de New York, une Note relative au procédé électrique pour la production du carbure de calcium.

La séance est levée à 4 heures.

M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 2 avril 1900.

Halos solaires observés le 2 mai 1886 *et le* 11 *janvier* 1900, par M. Cheux. Angers, Germain et G. Grassin, 1900; 1 fasc. in-8°.

La scrofule et les infections adénoïdiennes, par le Dr Paul Gallois. Paris, 1900; 1 vol. in-16. (Présenté par M. Lannelongue pour le concours du prix de Médecine et Chirurgie, fondation Montyon.)

Observation d'un cas rare de kyste dermoïde du médiastin, pneumectomie partielle, guérison, par le Dr René Belin. Clermont (Oise), imp. Daix frères, 1900; 1 fasc. in-8°.

Mémoire descriptif. Barrage hydraulique flexible, par M. Charles Faga. Paris, s. d.; 1 opuscule in-8°.

Bulletin météorologique du département de l'Herault, pub. par M. Crova, année 1899. Montpellier, 1900; 1 vol. pet. in-4°. (Présenté par M. Mascart.)

Bulletin de la Société zoologique de France; t. XXIV. Paris, 1899; 1 vol. in-8°.

Annales d'Hygiène et de Médecine coloniales, recueil publié par ordre du Ministre des Colonies; t. III, n° 1, janvier, février, mars 1900. Paris, Imp. Nationale; 1 fasc. in-8°.

Déterminations magnétiques faites en Russie, dans le gouvernement de Koursk, sous les auspices de la Société impériale russe de Géographie, en 1896, par M. Th. Moureaux. Saint-Pétersbourg, 1898; 1 fasc. in-8°. (Hommage de l'Auteur.)

Ray Society. A monograph of the british Annelids. Part II. *Polychœta*, by William Carmichael Mc Intosh. London, 1900; 1 vol. in-f°.

Memoirs of the Museum of comparative Zoölogy at Harvard College, vol. XXIV. *The Fishes*, by S. Garman; text and plates. Cambridge, U. S. A., 1899; 2 vol. in-4°.

Mensaje del senor presidente de la Republica de el Salvador leido ... el dia 20 de febrero de 1900. San Salvador; 1 fasc. in-8°

Informe presentado al senor Ministro de Instruccion publica de la Republica, por el Director del Instituto nacional central, 1899. San Salvador; 1 fasc. in-8°.

Annual Report of the Smithsonian Institution, 1897. *U. S. National Museum.* I. Washington, 1899; 1 vol. in-8°.

The Institution of mechanical Engineers. List of members, february 1900, *articles and by-laws.* London; 1 vol. in-8°.

The Nautical Almanac and astronomical ephemeris for the year 1903. Edinburg; 1 vol. in-8°. (Presented by Authority of the Lords Commissioners of the Admiralty.)

Monthly notices of the Royal Astronomical Society. Vol. LX. N^os^ 4, 5. January, february 1900. London; 2 fasc. in-8°.

Meteorological observations at stations of the second order 1896; Official n° 139. Edinburg, 1899; 1 vol. in-4°.

Hourly means, 1896. Official n° 141. London, 1899; 1 vol. in-4°.

Decaden-Monatsberichte des königl. sächs. meteorologischen Institutes, 1898. Jahrgang, I. Chemnitz (Sachsen); 1 fasc. in-4°.

Jahrbuch des Königl. sächsischen meteorologischen Institutes, 1897. Jahrgang XV; III Abtheilung. Chemnitz, 1899; 1 fasc. in-4°.

Bulletin de l'Académie royale des Sciences et des Lettres de Danemark, Copenhague, 1900. N° 1. Kobenhavn; 1 fasc. in-8°.

Öfversigt af konigl. Vetenskaps-Akademiens förhandlingar; Arg. 57, n° 1, 1900. Stockholm; 1 fasc. in-8°.

Ouvrages reçus dans la séance du 9 avril 1900.

Énumération des groupes d'opérations d'ordre donné, par Raymond Le Vavasseur, Paris-Toulouse, s. d; 1 fasc. petit in-4°.

Institut solaire international. Éclipse du Soleil intérieur. Montevideo, république orientale de l'Uruguay, 1900; 1 fasc. in-8°.

Dix-huit opuscules sur la Botanique, par H. Klebhan. (Hommage de l'Auteur.)

Total eclipse of the Sun, 28 mai 1900, by H.-D. Tood and S.-J. Brown. Supplement to the *American Ephemeris* 1900. Washington, 1900; 1 fasc. in-8°.

Le grand Epitome, the fundamental principle and its immediate facts relating man to the world, by C.-A. Bowsher. Champaing, Ill, 1900; 1 fasc. in-18.

Volta e la pila, discorso letto in Como il 18 settembre 1899 dal professor Augusto Righi, inaugurandosi il primo congresso nazionale di elettricisti. Milano, 1900; 1 fasc. in-8°.

Sul fenomeno di Zeeman nel caso generale d'un raggio luminoso comunque inclinato sulla direzione della forza magnetica, Memoria del prof. Augusto Righi. Bologna, 1900; 1 fasc. in-4°.

Veröffentlichung der Königl.-preussischen geodätischen Institutes; neue Folge, n° 1. *Die Polhöhe von Potsdam;* II Heft. Berlin, 1900; 1 fasc. in-4°. (Hommage de M. le prof. D^r^ Helmert.)

Acta mathematica, journal rédigé par G. Mittag-Leffler, 23 : 1 et 2. Stockholm, Paris, Berlin, 1899; 1 fasc. in-4°. (Offert au nom de l'Auteur par M. Hermite.)

Memorie della Societa degli Spettroscopisti italiani, raccolte e pubblicate per cura dei prof. P. Tacchini ed A. Ricco. Catania, 1900; 1 fasc. in-4°.

Rendiconto dell' Accademia delle scienze fisiche e matematische. Serie 3^a^, vol. VI, anno XXXIX, fasc. 1 e 2. Napoli, 1900; 1 fasc. in-8°.

Bulletin of the United States fish commission; Vol. XVIII, for 1898. Washington, 1899; 1 vol. gr. in-8°,

The Canadian patent office record and register of copyrights and trade marks; vol. XXVIII, n° 1. Ottawa, 1900; 1 fasc. gr. in-8°.

U. S. A., Department of Agriculture. Monthly weather review; vol. XXVII, n^os^ 1-5, 8, 9. Washington, 1899; 7 fasc. in-4°.

Science of man; journal of the Royal anthropological Society of Australasia. New series, Vol. III, n° 1. Sydney, 1900; 1 fasc. in-4°.

ERRATA.

(Séance du 2 avril 1900.)

Note de M. *Gruey*, Remarques sur le criterium de Tisserand :

Page 878, ligne 5, *au lieu de* $\frac{h}{a'}$, *lisez* $\frac{\rho_0}{a'}$.